

SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

Patent Number: JP11340559
Publication date: 1999-12-10
Inventor(s): OTOSHI SO; KURODA TAKARO; TAKAHASHI MAKOTO
Applicant(s):: HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP11340559
Application Number: JP19980140828 19980522
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S3/18
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To lower operation current and to provide a semiconductor light-emitting element having high reliability by nonuniformly doping specified impurities to barrier layers so that an electric field generated by a piezoelectric effect is canceled.

SOLUTION: A distortion quantum well active layer which is a zinc blend semiconductor is formed on a crystal semiconductor substrate 1 formed of a prescribed semiconductor material by the growth of a crystal. The crystal growing direction is set to that obtained by inclining it by 20 deg.-85 deg. from a [001] axis or an axis equivalent to the axis. The active layer is constituted of a distortion well layer 4 and barrier layers 3 and 5, whose forbidden bandwidths are larger than the layer 4. Then, p-type or n-type impurities are doped nonuniformly to the distortion well layer 4 or the barrier layers 3 and 5 or all the layers by not less than 10^{18} cm⁻³. Thus, the semiconductor light-emitting element whose operation current is low and which has high reliability can be obtained.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-340559

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.⁶

H01S 3/18

識別記号

F I

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-140828

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月22日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 大歳 創

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 黒田 崇郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 高橋 誠

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

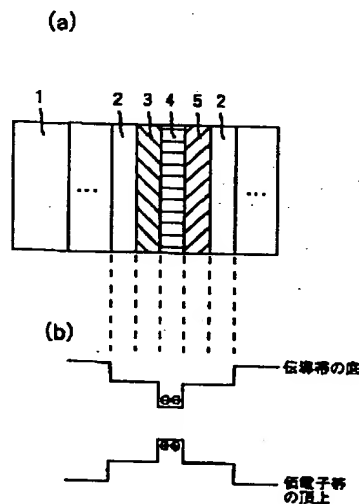
(57) 【要約】

【課題】 非(001)面の面方位をもつジंकブレンド型の歪量子井戸レーザ、あるいはウルツ鉱型の歪量子井戸レーザでは、圧電効果により動作電流が高くなる。

【解決手段】 バリア層に不純物を添加することで達成される。特に、バリア層に不均一に不純物を添加することによって効果的に達成される。

【効果】 本発明によれば、圧電効果の電界を打ち消すことができ、光学的遷移確率が増大できる。

図1



1...基板、
3...p型バリア層、
5...n型バリア層、

2...アンドープバリア層、
4...歪ウルツ層、

【特許請求の範囲】

【請求項1】所定の半導体上に、少なくともジंकブレンド型半導体である歪量子井戸活性層が結晶成長によって形成され、その結晶成長方向が〔001〕軸あるいはこれと等価な軸から20°乃至85°傾斜した方向であり、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該ウエル層もしくは該バリア層あるいは両方の層に、p型もしくはn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加していることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】第1半導体のカチオン面（陽イオン面）上に、少なくともジंकブレンド型半導体である圧縮型歪量子井戸活性層が結晶成長によって形成され、その結晶成長方向（z軸）が〔001〕軸あるいはこれと等価な軸から20°乃至85°傾斜した方向であり、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】第1半導体のアニオン面（陰イオン面）上に、少なくともジंकブレンド型半導体である圧縮型歪量子井戸活性層が結晶成長によって形成され、その結晶成長方向（z軸）が〔001〕軸あるいはこれと等価な軸から20°乃至85°傾斜した方向であり、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該p型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】第1半導体のカチオン面（陽イオン面）上に、少なくともジंकブレンド型半導体である引張り型歪量子井戸活性層が結晶成長によって形成され、その結晶成長方向（z軸）が〔001〕軸あるいはこれと等価な軸から20°乃至85°傾斜した方向であり、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該p型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項5】第1半導体のアニオン面（陰イオン面）上に、少なくともジंकブレンド型半導体である引張り

型歪量子井戸活性層が結晶成長によって形成され、その結晶成長方向（z軸）が〔001〕軸あるいはこれと等価な軸から20°乃至85°傾斜した方向であり、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】第1半導体のカチオン面（陽イオン面）上に、少なくともウルツ鉱型半導体である圧縮型歪量子井戸活性層が結晶成長によってz軸方向に形成され、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項7】第1半導体のアニオン面（陰イオン面）上に、少なくともウルツ鉱型半導体である圧縮型歪量子井戸活性層が結晶成長によってz軸方向に形成され、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該p型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項8】第1半導体のカチオン面（陽イオン面）上に、少なくともウルツ鉱型半導体である引張り型歪量子井戸活性層が結晶成長によってz軸方向に形成され、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該p型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項9】第1半導体のアニオン面（陰イオン面）上に、少なくともウルツ鉱型半導体である引張り型歪量子井戸活性層が結晶成長によってz軸方向に形成され、上記活性層がウエル層とバリア層からなり、該バリア層が少なくともn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、あるいはp型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加し

たp型領域、もしくはそれら両方の領域を有し、該n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置し、上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項10】上記のジンクブレンド型半導体がIII-V族半導体であることを特徴とする請求項1から5記載の半導体発光素子。

【請求項11】上記の素子の基板にInPを用いたことを特徴とする請求項1から5記載の半導体発光素子。

【請求項12】上記のウェル層の厚さが5nm以上12nm以下であることを特徴とする請求項1から11記載の半導体発光素子。

【請求項13】上記の素子が垂直共振器型面発光レーザであることを特徴とする請求項1から12記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信や光情報処理等の光源に適用される半導体発光素子、とくに半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】(001)基板上のジンクブレンド型(閃亜鉛型)の化合物半導体結晶からなる歪量子井戸レーザにおいて、バリア層に均一に不純物を添加する構造は、特開昭62-249496号公報等に掲載されている。また、ウルツ鉱型の化合物半導体結晶からなる歪量子井戸レーザにおいて、バリア層に均一に不純物を添加する構造は、特開平8-340934号公報等に掲載されている。

【0003】一方、上記ジンクブレンド型の結晶構造を有する歪量子井戸において、エピタキシャル成長される結晶面方位を[001]軸から20°乃至85°に傾斜した場合、圧電効果によって歪量子井戸に大きな電界が加わり光学的遷移確率が低下することが報告されている(ディー・サン他、ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・フィジクス、第33巻パート1(第1B号)702-708頁、1994年1月、D. Sun, et al, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33 (1994), Part 1, No. 1B, p. 702-708)。これに対し、歪量子井戸型活性領域

(発光領域)障壁層又はこれに隣接するガイド層に圧電効果によりn側からp側の向きに電界を発生させ、レーザ発振時に活性領域に生じる空乏層の生成を抑え、レーザ共振器の発熱を抑える技術が特開平8-107248号公報に開示されている。この公報では、またGaAs当の化合物半導体では、(111)方向に圧電効果が生じることを開示し、(100)面から(111)A面に数度傾いた基板主面上に形成された量子井戸活性層の障壁層又はガイド層に圧電効果を起こさせる構成を開示する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】(110)面を除く非(001)面の面方位をもつジンクブレンド型の歪量子井戸レーザ、あるいはウルツ鉱型の歪量子井戸レーザでは、圧電効果によりウェル層(井戸層)内に電界が加わるため、電子と正孔が空間的に分離し、光学的遷移確率が低下する。その結果、動作電流が高くなり、素子寿命が短くなるという問題点がある。即ち、上記特開平8-107248号公報が活性層の発光時における抵抗を低減するに好適として導入した圧電効果が却って発光効率を低減するという問題を起こすのである。この公報では、井戸層に圧電効果を起こさせると、注入キャリアによる遮蔽で圧電効果による電界が中和されると教示するが、実際は圧電効果による電界が注入キャリアの再結合を阻むほど大きいことを本発明者は認識したのである。

【0005】したがって、本発明の目的は、上記問題点を解決し、動作電流が低く、高い信頼性を有する半導体発光素子を実現することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、圧電効果で生じた電界を打ち消すように、バリア層に不純物を添加することで達成される。特に、バリア層に不均一に不純物を添加することによって効果的に達成される。

【0007】図1および図2は、本発明の原理の説明図である。図2は、従来の素子の(a)多層構造および(b)バンド図の模式図であり、InP(111)A面上に圧縮型歪量子井戸を形成する場合の例である。A面とは結晶表面がカチオン(陽イオン)、すなわちこの場合Inであることを意味する。このように、結晶の面方位が非(001)の場合には((110)面は除く)、圧電効果(ピエゾ効果)によって図2(b)のように電界が発生し、歪ウェル層のバンドが傾く。したがって、注入された電子と正孔は空間的に分離し、光学的遷移確率が低下する。

【0008】図1は本発明の場合であり、基板側のバリア層の一部にp型不純物を添加し、その反対側のバリア層の一部にはn型不純物を添加した構造である。これらの不純物によって発生する電界の方向は、圧電効果の電界の方向と逆であるため、ウェル層内で電界は相殺される。よって、図1(b)のように、歪ウェル層のバンドは平坦になり、電子と正孔は空間的に同じところに分布するため光学的遷移確率が增大する。

【0009】また、結晶表面がアニオン(陰イオン)面であるB面の場合には、圧電効果の電界の方向がカチオン面の場合と逆になるため、基板側のバリア層の一部にn型不純物を添加し、その反対側のバリア層の一部にはp型不純物を添加すれば良い。さらに、引っ張り型歪量子井戸の場合も、圧縮型歪量子井戸とは、圧電効果の電界の方向が逆になるが、原理は同じである。

【0010】図1では、n型不純物領域とp型不純物領

域の両方を用いているが、どちらか片方だけでも良い。また、ウルツ鉱型半導体では、(0001)軸上の歪量子井戸でも、圧電効果が生じるが、上記と同様な方法で解決できる。ただし、ウルツ鉱GaN等の場合、圧電係数がジंकブレンド型InP等に比べ大きいので、不純物濃度を 10^{19}cm^{-3} 以上にする必要がある。

【0011】上述のカチオン及びアニオンは、化合物半導体を構成する元素のうち、価電子が欠乏状態であるもの及び過剰状態であるものを定義し、III-V族化合物半導体においては前者はAl, Ga, In等のIII族元素、後者はN, As, P等のV族元素を指し、II-VI族化合物半導体では前者はZn, Cd, Mg等のII族元素、後者はS, Se, Te等のVI族元素を指す。

【0012】そして、以上の議論に基づき、本発明者は上記課題を解決するに好適な次の半導体発光素子を提供する。

【0013】その代表的なものは、所定の半導体(半導体材料からなる結晶で、半導体基板又はその主面上に形成された半導体層)上に、少なくともジंकブレンド型半導体である歪量子井戸活性層が結晶成長によって形成され、その結晶成長方向が[001]軸あるいはこれと等価な軸から 20° 乃至 85° 傾斜した方向であり、上記活性層がウェル層(井戸層)とこれより禁制帯幅の大きいバリア層(障壁層)からなり、該ウェル層もしくは該バリア層あるいは両方の層に、p型もしくはn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加していることを特徴とする半導体発光素子である。ここで、「その結晶成長方向が

[001]軸あるいはこれと等価な軸から 20° 乃至 85° 傾斜した方向である」ことの具体的な例は、ジंकブレンド型(閃亜鉛鉱型)の結晶構造を有する半導体基板の(100)面又はこれに等価な結晶面((010)面や(001)面)から上述の範囲の角度傾斜した結晶面からなる主面上に同じくジंकブレンド型結晶構造を有する半導体材料をエピタキシャル成長させることである。

【0014】ジंकブレンド型結晶構造を有する半導体発光素子の望ましき形態としては、第1半導体のカチオン面(陽イオン面)からなる主面上に[001]軸又はこれと等価な結晶軸から 20° 乃至 85° 傾斜した方向(z軸)にジंकブレンド型構造の量子井戸型活性層を結晶成長させ、この量子井戸型活性層を構成するウェル層とこれより禁制帯幅の大きいバリア層のうち、バリア層の少なくとも一にn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、p型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、又はこれら両方の領域を設け、(1)上記ウェル層に圧縮歪を付与した場合：上記n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に夫々位置させ、又は(2)上記ウェル層に引張り歪を付与した場合：

上記p型領域のz軸上の中心を上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心を上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置させることを特徴とする。ウェル層への歪は、当該ウェル層を(1)圧縮歪の場合：上記半導体基板結晶の格子定数より大きい半導体結晶で、(2)引張り歪の場合：上記半導体基板結晶の格子定数より小さい半導体結晶で構成することで夫々付与する。

【0015】上述の「z軸」とは単なる結晶成長方向を指し、特定の結晶軸に限定されないことに注意されたい。また、上述の「第1半導体」とは半導体基板又はその主面上に積層された半導体層を意味する。そして、上述のバリア層における「n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置する」という規定は、半導体発光素子の量子井戸型活性層に含まれる個々のバリア層のうち、その内部にn型領域を有するもの全てに関し、当該バリア層におけるn型領域の形成位置が上記第1半導体側、即ち半導体基板側に偏っていることを意味する。その態様は、n型領域をバリア層の基板側に設けた構成のみならず、n型領域以外のバリア層構成領域で当該n型領域を挟む場合においてその基板側に形成される厚さを基板の反対側に形成される厚さより薄くする構成をも含む。同様に「上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置する」という規定は、上記量子井戸型活性層に含まれる個々のバリア層のうち、その内部にp型領域を有するもの全てに関し、当該バリア層におけるp型領域の形成位置が上記第1半導体(半導体基板)の反対側に偏っていることを意味する。従って、上述の2つの規定を満たす半導体発光素子の量子井戸型活性層において、n型領域とp型領域の双方からなるバリア層の一態様は、半導体基板側からn型層、p型層の順に半導体層を積層した構成として記述される。また、当然のことながら、不純物ドーピング領域を有さないバリア層に関しては、上述の規定のいずれにも拘束されない。

【0016】以上のようなz軸(結晶成長方向)によるバリア層の不純物ドーピング領域の位置に関する規定は、別の実施態様においても適用する。そして、別の形態としては、第1半導体のアニオン面(陰イオン面)からなる主面上に[001]軸又はこれと等価な結晶軸から 20° 乃至 85° 傾斜した方向(z軸)にジंकブレンド型構造の量子井戸型活性層を結晶成長させ、この量子井戸型活性層を構成するウェル層とこれより禁制帯幅の大きいバリア層のうち、バリア層の少なくとも一にn型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したn型領域、p型不純物を 10^{18}cm^{-3} 以上添加したp型領域、又はこれら両方の領域を設け、(3)上記ウェル層に圧縮歪を付与した場合：上記p型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心が上記n型領域のz軸上の中心より上記第

1 半導体側に夫々位置させ、又は(4)上記ウェル層に引っ張り歪を付与した場合：上記n型領域のz軸上の中心を上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心を上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置させることを特徴とする。

【0017】上述の本発明による代表的な半導体発光素子は、窒素を含むIII-V族化合物半導体（窒化物半導体又は窒化ガリウム系半導体と呼ばれる）のようなウルツ鉱型結晶構造を有する半導体材料で構成した場合にも適用できる。ウルツ鉱型結晶構造を有する半導体発光素子の望ましき形態としては、第1半導体のカチオン面

（陽イオン面）からなる主面上にウルツ鉱型構造の量子井戸型活性層を結晶成長（z軸方向）させ、この量子井戸型活性層を構成するウェル層とこれより禁制帯幅の大きいバリア層のうち、バリア層の少なくとも一にn型不純物を 10^{19}cm^{-3} 以上添加したn型領域、p型不純物を 10^{19}cm^{-3} 以上添加したp型領域、又はこれら両方の領域を設け、(5)上記ウェル層に圧縮歪を付与した場合：上記n型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心が上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に夫々位置させ、又は(6)上記ウェル層に引っ張り歪を付与した場合：上記p型領域のz軸上の中心を上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心を上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置させることを特徴とする。また、望ましき別の形態としては、第1半導体のアニオン面（陰イオン面）からなる主面上にウルツ鉱型構造の量子井戸型活性層を結晶成長（z軸方向）させ、この量子井戸型活性層を構成するウェル層とこれより禁制帯幅の大きいバリア層のうち、バリア層の少なくとも一にn型不純物を 10^{19}cm^{-3} 以上添加したn型領域、p型不純物を 10^{19}cm^{-3} 以上添加したp型領域、又はこれら両方の領域を設け、(7)上記ウェル層に圧縮歪を付与した場合：上記p型領域のz軸上の中心が上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心が上記n型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に夫々位置させ、又は(8)上記ウェル層に引っ張り歪を付与した場合：上記n型領域のz軸上の中心を上記バリア層のz軸上の中心より上記第1半導体側に且つ上記バリア層のz軸上の中心を上記p型領域のz軸上の中心より上記第1半導体側に位置させることを特徴とする。以上のように、バリア層における不純物ドーパ領域の配置はジंकブレンド型結晶構造の場合と同じだが、要請されるドーパ量がジंकブレンド型より一桁高い点にウルツ鉱型結晶構造の素子の特徴がある。

【0018】以上のジंकブレンド型半導体からなる半導体発光素子は、III-V族化合物半導体で構成した場

合に効果がある。また、この場合の上記半導体基板材料としては、InPを利用することを推奨する。

【0019】また、ジंकブレンド型、ウルツ鉱型のいずれにおいても、上記ウェル層の厚さの設定が発明の効果を顕在化させるに重要であり、望ましき厚さの範囲として5nm以上12nm以下を推奨する。そして、以上の発光素子を半導体層の積層方向に（基板主面に対して垂直に）レーザ共振器を構成した垂直共振器型面発光レーザとして実施してもよい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態を実施例1、2と夫々の関連図面を参照して説明する。

【0021】＜実施例1＞図3は、本発明の第1の実施例である半導体レーザの断面模式図(a)、および、活性層の多層構造(b)を示したものである。作製方法は以下の通りである。

【0022】n-InP基板11の(112)B面上に、有機金属気相成長(MOVPE)法により、n型クラッド層12(InP、 $1.6\mu\text{m}$)、活性層13、p型クラッド層14(InP、 $2\mu\text{m}$)、キャップ層15(InGaAsP、 $0.4\mu\text{m}$)を順次設ける。ここで、活性層の多層構造は、(b)図に示すように、アンドープバリア層19（禁制帯幅波長 $1.1\mu\text{m}$ のInGaAsP、3nm）を成長した後、不純物濃度が $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のn型バリア層20（禁制帯幅波長 $1.1\mu\text{m}$ のInGaAsP、3nm）、歪ウェル層21(In_{0.7}Ga_{0.3}As、圧縮歪1.2%、6nm)、不純物濃度が $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のp型バリア層22（禁制帯幅波長 $1.1\mu\text{m}$ のInGaAsP、3nm）の3層を3周期成長し、最後に、再びアンドープバリア層19（禁制帯幅波長 $1.1\mu\text{m}$ のInGaAsP、3nm）を設けることで形成される。次に、通常の液相エッチング法により、幅 $1.5\mu\text{m}$ のメサストライプを形成した後、再びMOVPE法によりFeドーパの半絶縁性InPの埋込み層16をメサの両側に設ける。最後に、蒸着法を用いてp型電極17とn型電極18を形成することにより図に示す実施例の半導体レーザを作製する。

【0023】上記実施例の素子においては、発振しきい電流が5mAとなる。すべてのバリア層がアンドープである従来例では、発振しきい電流は15mAであり、本実施例では特性が大幅に改善できることがわかる。

【0024】＜実施例2＞図4は、本発明の第2の実施例である半導体レーザの断面模式図(a)、および、活性層の多層構造(b)を示したものである。作製方法は以下の通りである。

【0025】(0001)面のサファイア基板31上に、有機金属気相成長(MOVPE)法により、バッファ層32(GaN、 $0.05\mu\text{m}$)、n型導電層33(GaN、 $2\mu\text{m}$)、n型クラッド層34(GaN、 $1\mu\text{m}$)、活性層35、p型クラッド層36(GaN

、 $1\mu\text{m}$ ）、キャップ層37（GaN、 $0.5\mu\text{m}$ ）を順次設ける。ここで、バッファ層32の表面は（0001）のアニオン面（V族面）であり、また、活性層の多層構造は、（b）図に示すように、アンドープバリア層40（GaN、 3nm ）を成長した後、不純物濃度が $2\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ のn型バリア層41（GaN、 3nm ）、歪ウエル層42（ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 、圧縮歪1.0%、 6nm ）、アンドープバリア層40（GaN、 3nm ）の3層を3周期成長し、最後に、再びアンドープバリア層40（GaN、 3nm ）を設けることで形成される。次に、ドライエッチング法により、図のように半導体層の一部を、キャップ層37からn型導電層33に達するまで除去し、幅 $2\mu\text{m}$ のメサ構造を形成する。最後に、蒸着法を用いてp型電極38とn型電極39を形成することにより図に示す実施例の半導体レーザを作製する。

【0026】上記実施例の素子においては、発振しきい電流が 40mA となる。すべてのバリア層がアンドープである従来例では、発振しきい電流は 120mA であり、本実施例では特性が大幅に改善できることがわかる。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば、（110）面を除く非（001）面の面方位をもつジンクブレンド型の歪量子井戸レーザ、あるいはウルツ鉱型の歪量子井戸レーザで生じる圧電効果の電界を打ち消すことができる。そのた

め、光学的遷移確率が増大し、低動作電流の半導体発光素子が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図であって、（a）は本発明による半導体発光素子の量子井戸型活性層を構成する多層構造を、（b）は当該量子井戸型活性層のバンド図を夫々示す。

【図2】従来の半導体発光素子構造の原理説明図であって、（a）はその量子井戸型活性層を構成する多層構造を、（b）は当該量子井戸型活性層のバンド図を夫々示す。

【図3】本発明の第1の実施例となる半導体レーザの（a）断面模式図、および（b）活性層の多層構造を示す。

【図4】本発明の第2の実施例となる半導体レーザの（a）断面模式図、および（b）活性層の多層構造を示す。

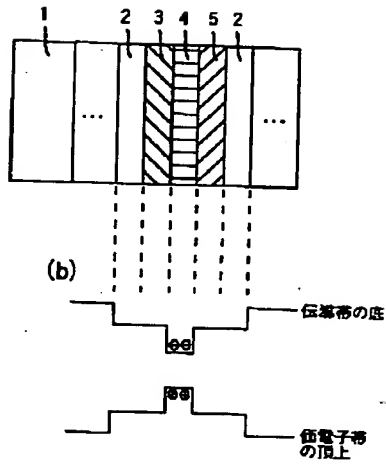
【符号の説明】

1, 11, 31…基板、2, 19, 40…アンドープバリア層、3, 22…p型バリア層、4, 21, 42…歪ウエル層、5, 20, 41…n型バリア層、12, 34…n型クラッド層、13, 35…活性層、14, 36…p型クラッド層、15, 37…キャップ層、16…埋込み層、17, 38…p型電極、18, 39…n型電極、32…バッファ層、33…n型導電層。

【図1】

図1

(a)



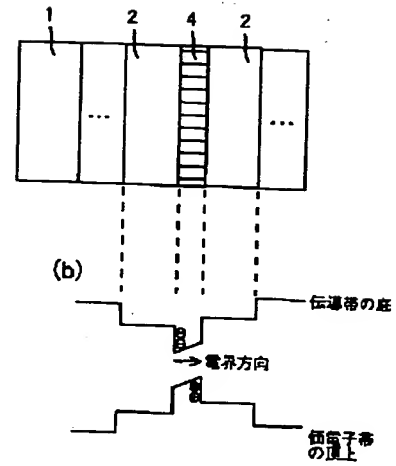
1……基板、
3……p型バリア層、
5……n型バリア層。

2……アンドープバリア層、
4……歪ウエル層。

【図2】

図2

(a)

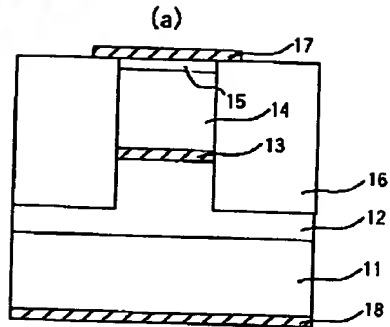


1……基板、
4……歪ウエル層。

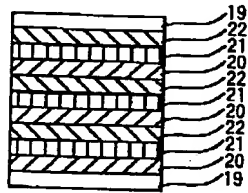
2……アンドープバリア層、

【図 3】

図3



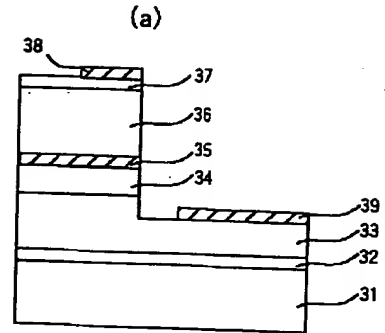
(b)



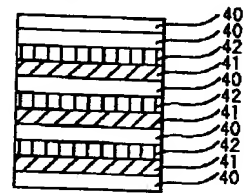
- 11.....基板、
 13.....活性層、
 15.....キャップ層、
 17.....p型電極、
 19.....アンドープバリア層、
 21.....歪ウエル層、
 12.....n型クラッド層、
 14.....p型クラッド層、
 16.....埋込み層、
 18.....n型電極、
 20.....n型バリア層、
 22.....p型バリア層。

【図 4】

図4



(b)



- 31.....基板、
 33.....n型導電層、
 35.....活性層、
 37.....キャップ層、
 39.....n型電極、
 41.....n型バリア層、
 32.....バッファ層、
 34.....n型クラッド層、
 36.....p型クラッド層、
 38.....p型電極、
 40.....アンドープバリア層、
 42.....歪ウエル層。